

KARAKTERISTIK PERFORMA MOTOR BENSIN PGMFI (*PROGAMMED FUEL INJECTION*) SILINDER TUNGGAL 110CC DENGAN VARIASI *MAPPING* PENGAPIAN TERHADAP EMISI GAS BUANG

Rizal Hakim Khaufanulloh¹⁾, Kosjoko²⁾, Andik Irawan³⁾

^{1,2)}Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember,

³⁾Mesin Otomotif Politeknik Negeri Jember

E-mail: ¹⁾ahmadashari260@yahoo.co.id,

³⁾iamandikirawan@gmail.com

Abstrak

Mapping derajat pengapian pada sistem injeksi merupakan pengapian 3 dimensi dimana fungsi dari bukaan gas (TPS) dan putaran mesin (RPM) digunakan untuk menentukan derajat pengapian untuk proses pembakaran didalam silinder. Sistem pengapian 3 dimensi menghasilkan performa motor bensin yang signifikan, baik pada putaran rendah, putaran menengah maupun putaran tinggi. Sistem pengapian 3 dimensi juga menghasilkan kadar emisi gas buang yang sangat rendah dengan nilai lambda mendekati 1. Hasil pengujian maupun pembahasan performa dan emisi gas buang motor bensin 4 langkah PGMFI silinder tunggal 110 cc dengan 5 variasi *mapping* derajat pengapian (*ecu* variasi 1, *ecu* variasi 2, *ecu* variasi 3, *ecu* variasi 4 dan *ecu* variasi 5) yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai lambda emisi gas buang yang optimal terdapat pada *ecu* variasi 1 sebesar 1,003 dengan daya rata-rata sebesar 3,669 HP, torsi rata-rata sebesar 7,738 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 900,395 kPa, sfc terendahnya mencapai 0,032 kg/HP.jam, kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O₂ 15,54 g/Km, CO₂ 4,4 g/Km, CO 0,16 g/Km, NO_x 0,027 g/Km dan HC 0,065 g/Km, pada putaran mesin menengah yaitu O₂ 14,2 g/Km, CO₂ 12,5 g/Km, CO 1,64 g/Km, NO_x 0,037 g/Km dan HC 0,388 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O₂ 15,1 g/Km, CO₂ 12,2 g/Km, CO 0,88 g/Km, NO_x 0,037 g/Km dan HC 0,239 g/Km.

Kata kunci: Mapping pengapian, kurva pengapian, ECU, derajat pengapian injeksi, emisi gas buang, lambda, torsi, daya, tekanan efektif rata-rata, sfc.

1. PENDAHULUAN

Banyaknya kendaraan bermotor sekarang ini menimbulkan masalah polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang dari kendaraan bermotor yang mengandung racun. Emisi gas buang kendaraan bermotor yang mengandung racun disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dari proses pembakaran didalam ruang pembakaran motor bensin. Menurut penelitian aplikasi teknologi injeksi bahan bakar elektronik (efi) untuk mengurangi emisi gas buang sepeda motor (nugraha, 2007:hal 12) menunjukkan bahwa

pada putaran stasioner, penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik menurunkan kadar emisi karbon monoksida (co) sampai 20% dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar karburator. Pada putaran stasioner, penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik menurunkan kadar emisi hidrokarbon (hc) sampai 55% dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar karburator (Nugraha, 2007:13).

Dalam penelitian perancangan dan unjuk kerja *Engine Control Unit* (ecu) *iquteche* pada

motor yamaha vixion (fahmi dan yuniarto, 2013:hal 1) pengujian mesin yamaha vixion dengan menggunakan ecu iquiteche meningkatkan efisiensi sebesar 11,9%, peningkatan torsi 0,22 n.m, peningkatan daya 0,2 hp, peningkatan bmep 18,3 kpa, dan penurunan sfc 0,025 kg/hp.jam jika dibandingkan pada saat menggunakan ecu standar. Dari pengujian ini dapat disimpulkan dengan proses *mapping/remapping* yang tepat akan meningkatkan efisiensi lebih besar jika dibandingkan dengan menggunakan ecu standar.

Sistem elektronik injeksi bahan bakar bekerja secara elektronik dengan dukungan berbagai sensor untuk meminimalkan bahkan menghilangkan racun dalam emisi gas buang. Sistem injeksi bahan bakar mempunyai banyak kelebihan, namun juga masih memiliki kekurangan. Dalam penelitian optimasi efisiensi motor bakar sistem injeksi menggunakan metode simulasi *artificial neural network* (paridawati, 2014:3) menunjukkan bahwa pelatihan *back propagation* cukup memadai dalam memprediksi torsi mesin, konsumsi bahan bakar berdasarkan kecepatan mesin dan *ignition timing*, dimana dari hasil simulasi didapatkan r^2 sebesar 0,98082 untuk konsumsi bahan bakar dan torsi. Dalam penelitian tersebut dihasilkan nilai efisiensi mesin pada titik penyalaan maju 20% dari standar dimana terjadi pengurangan konsumsi bahan bakar sebesar 12%. Berdasarkan pemikiran diatas, maka penulis menganggap penting untuk mengadakan penelitian tentang *remapping* derajat pengapian pada ecu programmable dengan judul "Karakteristik Performa Motor Bensin Pgmfi (Programmed Fuel Injection) Silinder Tunggal 110cc Dengan Variasi Mapping Pengapian Terhadap Emisi Gas Buang". Tujuan dalam penelitian ini mendapatkan nilai karakteristik performa motor bensin PGMFI dengan dilakukan variasi mapping derajat pengapian dan mendapatkan emisi gas buang motor bensin PGMFI setelah dilakukan variasi mapping derajat pengapian.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Dalam hal ini akan membandingkan hasil pengujian karakteristik performa dan emisi gas buang dari masing-masing variasi yang sudah diprogram dengan *Remote ECU Programmable* buatan Bintang Racing Team dan disimpan dalam memori penyimpanan ECU BRT Juken 2. Pembuatan data-data mapping derajat pengapian variasi menggunakan *software Microsoft Excel*. Proses input data-data mapping derajat pengapian variasi pada ECU *programmable* dilakukan dengan menggunakan remote ECU *programmable*.

2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Motor bensin 4 langkah PGMFI
2. Dynamometer motor roda dua
3. ECUprogrammable
4. Remote ECU Programmable merk I-MAX buatan Bintang Racing Team
5. Seperangkat computer
6. ExhaustGasAnalyzer
7. Tachometer
8. Gelas Ukur

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini Peralite RON 90.

2.3 Variasi Perlakuan

Variasi perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu:

1. Variasi mapping derajat pengapian 1 disebut ecu variasi 1 sebagai variasi acuan.
2. Variasi *mapping* derajat pengapian 2 disebut ecu variasi 2 sebagai *retard*/mundur, rata-rata database *mapping* derajat pengapianmundur 4° dari database *mapping* derajat pengapian acuan.
3. Variasi mapping derajat pengapian 3 disebut ecu variasi 3 sebagai *retard*/mundur, rata-rata database mapping derajat pengapianmundur 2o dari database mapping derajat pengapian acuan.

4. Variasi mapping derajat pengapian 4 disebut ecu variasi 4 sebagai *advance* maju, rata-rata database mapping derajat pengapian maju 2° dari database mapping derajat pengapian acuan.
5. Variasi mapping derajat pengapian 5 disebut ecu variasi 5 sebagai *advance* maju, rata-rata database mapping derajat pengapian maju 4° dari database mapping derajat pengapian acuan.

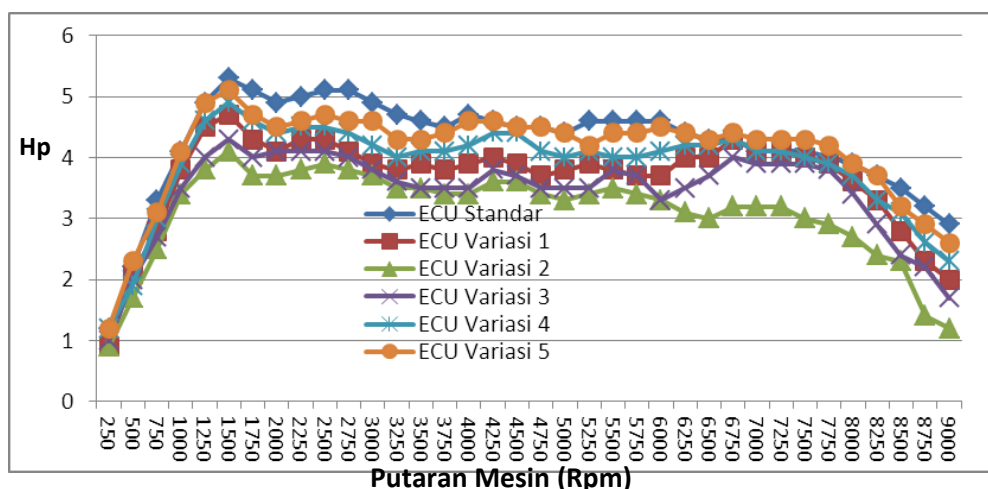
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Remapping derajat pengapian dari ecu standar dan ecu variasi didapat daya maksimum dan minimum. Daya maksimum pada ecu standar yaitu sebesar 5,3 HP pada putaran 1500 rpm, dan daya minimumnya sebesar 2,9 HP pada putaran 9000 rpm. Sedangkan pada ecu variasi 1 sampai ecu variasi 5 juga didapatkan daya maksimum dan minimum serta didapatkan hasil yang diharapkan. Daya maksimum terdapat pada ecu variasi 5 sebesar 5,1 HP pada putaran 1500 rpm dan daya minimumnya pada ecu variasi 2 dengan daya 1,2 HP pada putaran 9000 rpm. Gambar 1 menunjukkan hubungan daya terhadap putaran mesin.

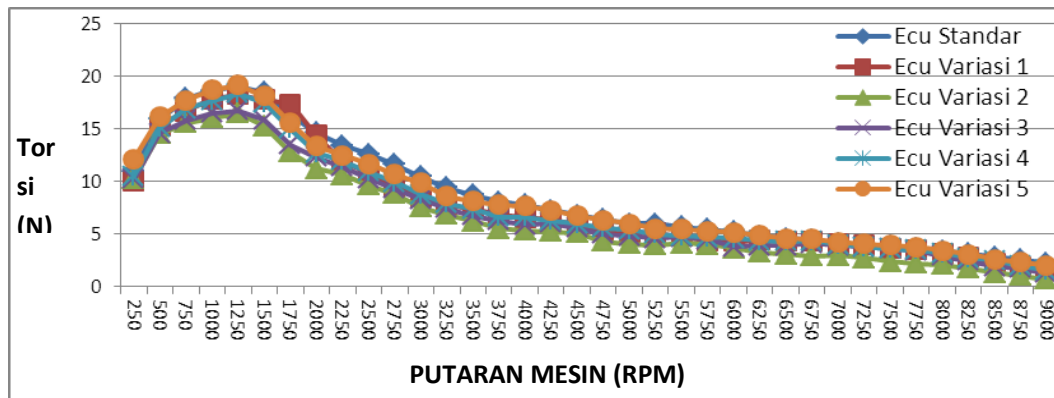
Sedangkan hasil yang bisa ditarik dari data maupun grafik diatas adalah mapping derajat pengapian *advance* maupun *retard* dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Hal ini dibuktikan dari nilai-nilai *database mapping* pada ecu variasi 1, ecu variasi 2, ecu variasi 3, ecu variasi 4 dan ecu variasi 5 serta daya yang dihasilkan oleh kelima variasi mapping derajat pengapian tersebut. Pada ecu variasi 1 dengan nilai mapping derajat pengapian rata-rata lebih tinggi 2° dan 4° dari ecu variasi 2 dan ecu variasi 3, daya rata-rata yang dihasilkan juga turun dari 3,669 HP pada ecu variasi 1 ke 3,108 HP pada ecu variasi 2 dan 3,439 HP pada ecu variasi 3. Begitu juga pada ecu variasi 4 dan ecu variasi 5 dimana nilai *database mapping* derajat pengapian rata-rata lebih tinggi 2° dan 4° daripada nilai *database mapping* ecu variasi 1. Daya rata-rata yang dihasilkan pada ecu variasi 4 dan ecu variasi 5 sebesar 3,872 HP dan 4,112 HP, hal ini berarti lebih besar daripada ecu variasi 1 dengan daya rata-rata sebesar 3,669 HP.

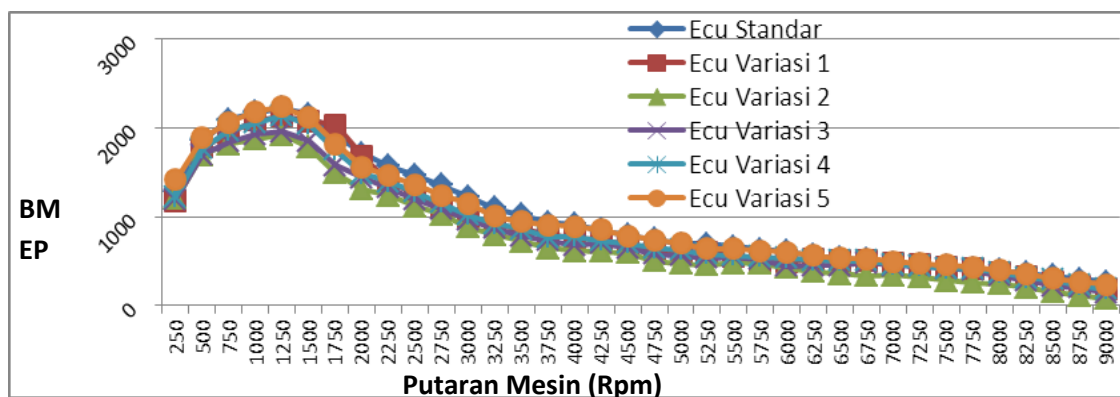
Pengaruh *remapping* derajat pengapian pada ecu variasi 1, ecu variasi 2, ecu variasi 3, ecu variasi 4 dan ecu variasi 5 dapat mempengaruhi torsi yang diperoleh dari *dynotest*. Hal ini dapat dilihat dari torsi maksimum dan minimum semua variasi serta torsi rata-rata dari semua variasi mapping derajat pengapian. Torsi rata-rata dari ecu variasi 1 dengan torsi rata-rata 7,738 N.m, ecu variasi 2 dengan torsi rata-rata 6,505 N.m, ecu variasi 3 dengan torsi rata-rata 7,149 N.m, ecu variasi 4 dengan torsi rata-rata 7,678 N.m



Gambar 1. Grafik hubungan daya terhadap putaran mesin



Gambar 2. Grafik hubungan torsi terhadap putaran mesin



Gambar 3. Grafik hasil perhitungan hubungan tekanan efektif rata-rata terhadap putaran mesin

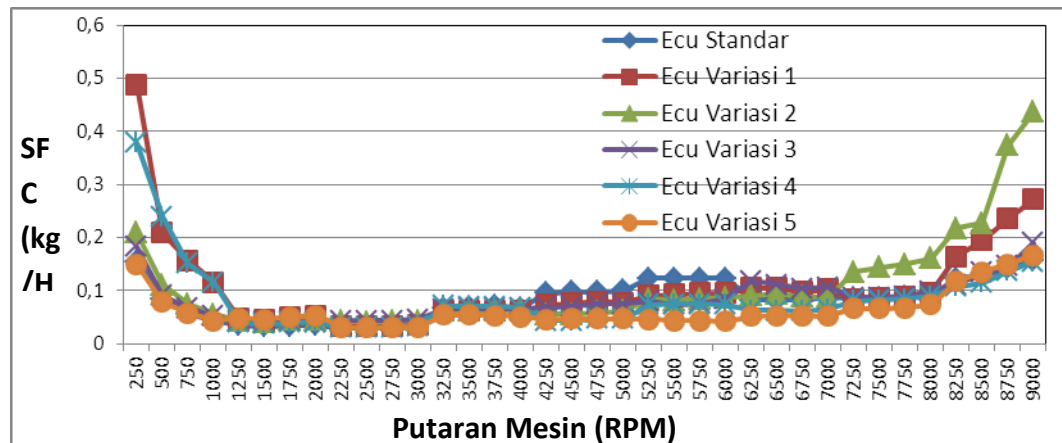
dan *ecu* variasi 5 dengan torsi rata-rata 8,323 N.m. Gambar 2 menunjukan hubungan torsi dan putaran mesin.

Pada *ecu* variasi 1 grafik data tekanan efektif rata-rata menunjukkan bentuk yang sama yaitu naik dari putaran 250 rpm dengan tekanan 1169,36 kPa dan mencapai titik maksimumnya dengan tekanan 2123,45 kPa pada putaran 1250 rpm. Tekanan minimumnya terdapat pada putaran 9000 rpm dimana tekanan hanya sebesar 185,004 kPa. Begitu juga dengan *ecu* variasi 2 dimana bentuk grafik tidak jauh berbeda dengan *ecu* variasi 1, dengan tekanan maksimum 1922,18 kPa pada putaran 1250 rpm dan tekanan efektif rata-rata minimumnya hanya 79,12 kPa pada putaran 9000 rpm.

Grafik *ecu* variasi 3 menunjukkan hubungan tekanan efektif rata-rata mengalami kenaikan mulai putaran 250 rpm dengan tekanan 1192,64 kPa naik sampai tekanan 1951,27 kPa pada putaran 1250 rpm.

Selanjutnya tekanan efektif rata-rata *ecu* variasi 3 turun sampai 681,84 kPa pada putaran 4000 rpm dan naik lagi namun dengan nilai tekanan yang kecil yaitu 702,78 kPa pada putaran 4250 rpm sebelum turun drastis sampai putaran tinggi. Tekanan efektif rata-rata *ecu* variasi 3 mencapai titik minimumnya pada putaran 9000 rpm dengan tekanan 150,09 kPa. Gambar 3 menunjukkan hubungan BMEP dan putaran mesin.

Pada *ecu* variasi 4 dan *ecu* variasi 5 bentuk grafik hubungan tekanan efektif rata-rata sama dengan bentuk grafik dari *ecu* variasi 1 dan *ecu* variasi 2, namun dengan tekanan yang berbeda. Pada *ecu* variasi 4 tekanan maksimumnya pada putaran 1250 rpm dengan tekanan sebesar 2137,44 kPa dan tekanan minimumnya yaitu 183,84 kPa. Sedangkan pada *ecu* variasi 5 tekanan efektif rata-rata maksimum mencapai 2234,01 kPa pada putaran 1250 rpm. Dan tekanan efektif rata-rata minimum terjadi pada putaran 9000



Gambar 4. Grafik hubungan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap putaran mesin

rpm dengan tekanan 239,69 kPa.

Grafik meningkat pada putaran atas, hal ini karena semakin tinggi putaran mesin semakin banyak pula bahan bakar yang dipakai. Nilai minimum dan maksimum konsumsi bahan bakar spesifik ecu variasi 5 yaitu 0,031 kg/Hp.jam pada putaran 3000 rpm dan 0,166 kg/Hp.jam pada putaran 9000 rpm (Gambar 4).

Nilai minimum dan maksimum kadar emisi gas buang pada putaran stasioner 1700 rpm dari semua ecu variasi. Nilai minimum kadar gas oksigen (O_2) terdapat pada ecu variasi 4 dengan nilai 10,3 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 3 yaitu 16,7 g/Km. Nilai minimum kadar gas karbon dioksida (CO_2) dengan nilai 3,9 g/Km pada ecu variasi 3, dan nilai maksimumnya yaitu 7,9 g/Km pada ecu variasi 4. Nilai minimum kadar gas karbon monoksida (CO) pada ecu variasi 1 dengan kadar gas CO hanya 0,16 g/Km dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 3 dengan kadar gas CO mencapai 0,22 g/Km. Selanjutnya nilai minimum gas NOx terdapat pada ecu variasi 2 dan ecu variasi 4 dengan nilai masing-masing 0,021 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 1 dengan kadar gas NOx mencapai 0,027 g/Km pada putaran stasioner 1700 rpm. Untuk nilai minimum kadar HC terdapat pada ecu variasi 5 dengan kadar HC 0,051 g/Km, sedangkan nilai maksimumnya pada ecu variasi 2 dengan kadar HC mencapai 0,073 g/Km pada putaran stasioner 1700 rpm.

Nilai minimum dan maksimum kadar

emisi gas buang pada putaran menengah 4000 rpm dari semua ecu variasi. Nilai minimum kadar gas oksigen (O_2) terdapat pada ecu variasi 3 dengan nilai 13,7 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 5 yaitu 15,2 g/Km. Nilai minimum kadar gas karbon dioksida (CO_2) dengan nilai 10,2 g/Km pada ecu variasi 3, dan nilai maksimumnya yaitu 16,7 g/Km pada ecu variasi 2. Nilai minimum kadar gas karbon monoksida (CO) pada ecu variasi 3 dengan kadar gas CO hanya 1,23 g/Km dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 5 dengan kadar gas CO mencapai 1,79 g/Km. Selanjutnya nilai minimum gas NOx terdapat pada ecu variasi 2 dengan nilai 0,026 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 4 dengan kadar gas NOx mencapai 0,039 g/Km pada putaran menengah 4000 rpm. Untuk nilai minimum kadar HC terdapat pada ecu variasi 3 dengan kadar HC 0,273 g/Km, sedangkan nilai maksimumnya pada ecu variasi 1 dengan kadar HC mencapai 0,388 g/Km pada putaran menengah 4000 rpm.

Nilai minimum dan maksimum kadar emisi gas buang pada putaran tinggi 8000 rpm dari semua ecu variasi. Nilai minimum kadar gas oksigen (O_2) terdapat pada ecu variasi 3 dengan nilai 13,2 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 1 yaitu 15,1 g/Km. Nilai minimum kadar gas karbon dioksida (CO_2) dengan nilai 12,2 g/Km pada ecu variasi 1, dan nilai maksimumnya yaitu 13,7 g/Km pada ecu variasi 3. Nilai minimum

Tabel 1. Data Pengujian Lambda Emisi Gas Buang

ECU	Lambda (Tanpa Satuan)	Daya Rata-rata (Hp)	Torsi Rata-rata (Nm)	Bmep Rata-rata (kPa)	Sfc Terendah (Kg/hp. jam)	Emisi Gas Buang Terendah (g/Km)				
						O ₂	CO ₂	CO	NOx	HC
Standar	1,19	4,236	8,527	992,15	0,029	13,9	4,5	0,16	0,23	0,089
Variasi 1	1,00333	3,669	7,738	900,39	0,032	14,2	4,4	0,16	0,27	0,065
Variasi 2	1,22667	3,108	6,505	756,89	0,040	13,8	4,1	0,17	0,21	0,073
Variasi 3	0,91333	3,439	7,149	831,87	0,039	13,2	3,9	0,22	0,24	0,062
Variasi 4	0,81333	3,872	7,678	893,41	0,0301	10,3	7,9	0,19	0,21	0,054
Variasi 5	0,82333	4,112	8,323	968,43	0,0304	14,3	7,6	0,19	0,22	0,051

kadar gas karbon monoksida (CO) pada ecu variasi 5 dengan kadar gas CO hanya 0,87 g/Km dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 3 dengan kadar gas CO mencapai 1,51 g/Km. Selanjutnya nilai minimum gas NOx terdapat pada ecu variasi 1 dengan nilai 0,037 g/Km, dan nilai maksimumnya pada ecu variasi 4 dengan kadar gas NOx mencapai 0,045 g/Km pada putaran tinggi 8000 rpm. Untuk nilai minimum kadar HC terdapat pada ecu variasi 3 dengan kadar HC 0,208 g/Km, sedangkan nilai maksimumnya pada ecu variasi 4 dengan kadar HC mencapai 0,267 g/Km pada putaran mesin tinggi 8000 rpm.

3.1 Nilai Lambda Terhadap Performa dan Kadar Emisi Gas Buang

Lambda emisi gas buang yang dihasilkan oleh masing-masing ecu variasi sebagian besar masih memenuhi syarat dan jauh dari kata tidak layak jalan. Pada ecu standar nilai lambda sebesar 1,19 dengan daya rata-rata sebesar 4,236 HP, torsi rata-rata sebesar 8,527 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 992,15 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,029 kg/HP.jam. Sedangkan kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O₂ 14,56 g/Km, CO₂ 4,5 g/Km, CO 0,16 g/Km, NOx 0,023 g/Km dan HC 0,089 g/Km. Pada putaran mesin menengah yaitu O₂ 13,9 g/Km, CO₂ 13,2 g/Km, CO 1,4 g/Km, NOx 0,042 g/Km dan HC 0,259 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O₂ 14,1 g/Km, CO₂ 13 g/Km, CO 0,7 g/Km, NOx 0,038 g/Km dan HC 0,243 g/Km.

Nilai lambda ecu variasi 1 sebesar 1,003 dengan daya rata-rata sebesar 3,669 HP,

torsi rata-rata sebesar 7,738 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 900,395 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,032 kg/HP.jam. Sedangkan kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O₂ 15,54 g/Km, CO₂ 4,4 g/Km, CO 0,16 g/Km, NOx 0,027 g/Km dan HC 0,065 g/Km. Pada putaran mesin menengah yaitu O₂ 14,2 g/Km, CO₂ 12,5 g/Km, CO 1,64 g/Km, NOx 0,037 g/Km dan HC 0,388 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O₂ 15,1 g/Km, CO₂ 12,2 g/Km, CO 0,88 g/Km, NOx 0,037 g/Km dan HC 0,239 g/Km.

Pada ecu variasi 2 nilai lambda sebesar 1,226 dengan daya rata-rata sebesar 3,108 HP, torsi rata-rata sebesar 6,505 N.m, tekanan efektif rata-rata hanya 756,89 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,040 kg/HP.jam. Sedangkan kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O₂ 14,42 g/Km, CO₂ 4,1 g/Km, CO 0,17 g/Km, NOx 0,021 g/Km dan HC 0,073 g/Km. Pada putaran mesin menengah yaitu O₂ 14,1 g/Km, CO₂ 16,7 g/Km, CO 1,33 g/Km, NOx 0,026 g/Km dan HC 0,302 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O₂ 13,8 g/Km, CO₂ 13,4 g/Km, CO 1,44 g/Km, NOx 0,043 g/Km dan HC 0,234 g/Km. Nilai lambda pada ecu variasi 3 sebesar 0,913. Nilai lambda yang hampir mendekati sempurna tersebut diiringi dengan daya rata-rata sebesar 3,438 HP, torsi rata-rata sebesar 7,149 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 831,87 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,039 kg/HP.jam. Selanjutnya kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O₂ 16,7 g/Km, CO₂ 3,9 g/Km, CO 0,22 g/Km, NOx 0,024 g/Km dan HC 0,062 g/Km. Pada putaran mesin

menengah yaitu O_2 13,7 g/Km, CO_2 10,2 g/Km, CO 1,23 g/Km, NOx 0,027 g/Km dan HC 0,273 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O_2 13,2 g/Km, CO_2 13,7 g/Km, CO 1,51 g/Km, NOx 0,041 g/Km dan HC 0,208 g/Km.

Sedangkan pada ecu variasi 4 nilai lambda hanya 0,813 dengan daya rata-rata sebesar 3,872 HP, torsi rata-rata sebesar 7,678 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 893,41 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,0301 kg/HP.jam. Sedangkan kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O_2 10,3 g/Km, CO_2 7,9 g/Km, CO 0,19 g/Km, NOx 0,021 g/Km dan HC 0,054 g/Km. Pada putaran mesin menengah yaitu O_2 14,9 g/Km, CO_2 12,3 g/Km, CO 1,56 g/Km, NOx 0,039 g/Km dan HC 0,275 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O_2 14,7 g/Km, CO_2 12,8 g/Km, CO 0,97 g/Km, NOx 0,045 g/Km dan HC 0,267 g/Km.

Ecu variasi 5 mempunyai nilai lambda sebesar 0,823. Nilai tersebut diiringi dengan performa motor bensin PGMFI 110 cc yang cukup signifikan, dengan daya rata-rata sebesar 4,112 HP, torsi rata-rata sebesar 8,323 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 968,43 kPa dan sfc terendahnya mencapai 0,0304 kg/HP.jam. Sedangkan kadar emisi gas buang ecu variasi 5 pada putaran mesin stasioner yaitu O_2 14,33 g/Km, CO_2 7,6 g/Km, CO 0,19 g/Km, NOx 0,022 g/Km dan HC 0,051 g/Km. Pada putaran mesin menengah yaitu O_2 15,2 g/Km, CO_2 12,7 g/Km, CO 1,79 g/Km, NOx 0,028 g/Km dan HC 0,291 g/Km dan pada putaran tinggi yaitu O_2 14,3 g/Km, CO_2 12,9 g/Km, CO 0,87 g/Km, NOx 0,039 g/Km dan HC 0,258 g/Km.

4. KESIMPULAN

Dari data hasil dan pembahasan performa dan emisi gas buang motor bensin 4 langkah PGMFI silinder tunggal 110 cc dengan 5 variasi mapping derajat pengapian (ecu variasi 1, ecu variasi 2, ecu variasi 3, ecu variasi 4 dan ecu variasi 5) yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai lambda emisi gas buang yang optimal terdapat pada ecu variasi 1 sebesar 1,003 dengan daya rata-rata sebesar

3,669 HP, torsi rata-rata sebesar 7,738 N.m, tekanan efektif rata-rata mencapai 900,395 kPa, sfc terendahnya mencapai 0,032 kg/HP.jam, kadar emisi gas buang pada putaran mesin stasioner yaitu O_2 15,54 g/Km, CO_2 4,4 g/Km, CO 0,16 g/Km, NOx 0,027 g/Km dan HC 0,065 g/Km, pada putaran mesin menengah yaitu O_2 14,2 g/Km, CO_2 12,5 g/Km, CO 1,64 g/Km, NOx 0,037 g/Km dan HC 0,388 g/Km, pada putaran tinggi yaitu O_2 15,1 g/Km, CO_2 12,2 g/Km, CO 0,88 g/Km, NOx 0,037 g/Km dan HC 0,239 g/Km.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2013. *Kurva Pengapian Sistem EFI*. www.motogokil.com. Diakses tanggal 28 April 2015.
- Arismunandar, W. 2005. *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung: ITB.
- Dynapro. 2015. *Dynaometer Machine*. <http://www.dynapro.co.uk>. Diakses 20 Oktober 2015.
- Eka. 2012. *Kenapa Sepeda Motor Harus Injeksi*. <http://news.motorplus-online.com>. Diakses 20 Oktober 2015.
- Fahmi, F. Yuniarto, Muhammad Nur. 2013. *Perancangan dan Unjuk Kerja Engine Control Unit (ECU) iqueteche Pada Motor Yamaha Vixion*. Jurnal Teknik Pomits Volume 1 Nomor 1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Honda. 2015. *Pgm-fi*. <http://world.honda.com>. Diakses 20 Oktober 2015.
- Ismanto. 2014. *Pengajuan Saat Pengapian Secara Otomatis*. www.vedcmalang.com. Diakses tanggal 29 April 2015.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2009. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Nugraha, Beni Setya. 2007. *Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor*. Profesional Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan Volume 5

- Nomor 2 Universitas Negeri Semarang.
- Paridawati. 2014. *Optimasi Efisiensi Motor Bakar Sistem Injeksi Menggunakan Metode Simulasi Artificial Neural Network*. Prosiding SNATIF Ke-1 Universitas Diponegoro, Semarang.
- PT. Pertamina. 2012. *Premium*. www.pertamina.com. Diakses 3 April 2015.
- Pudjanarsa, A. Nursuhud, D. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Andi.
- Wikipedia. 2015. *Mean Effective Pressure*. En.Wikipedia.Org. Diakses Tanggal 2 Septeber 2015.